

(19) 日本国特許庁 ( J P )

(12) 特 許 公 報 ( B 2 )

(11) 特許番号

特許第3347687号

( P 3 3 4 7 6 8 7 )

(45) 発行日 平成14年11月20日 (2002. 11. 20)

(24) 登録日 平成14年 9 月 6 日 (2002. 9. 6)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

識別記号

B23B 27/14  
C23C 14/06

F I

B23B 27/14  
C23C 14/06

A  
H  
P

請求項の数 2 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平11-138040

(22) 出願日 平成11年 5 月19日 (1999. 5. 19)

(65) 公開番号 特開2000-326108 ( P 2000-326108 A )

(43) 公開日 平成12年11月28日 (2000. 11. 28)

審査請求日 平成12年 4 月28日 (2000. 4. 28)

(73) 特許権者 000233066

日立ツール株式会社  
東京都江東区東陽 4 丁目 1 番13号

(72) 発明者 井上 謙一

千葉県成田市新泉13番地の 2 日立ツ  
ール株式会社 成田工場内

審査官 平田 信勝

(56) 参考文献 特開 平 7 - 133111 ( J P , A )

特開 平 7 - 97679 ( J P , A )

特開 平 5 - 57507 ( J P , A )

特許3248897 ( J P , B 2 )

特許3248898 ( J P , B 2 )

(58) 調査した分野 (Int. Cl. <sup>7</sup>, D B 名)

B23B 27/14  
C23C 14/06

(54) 【発明の名称】 硬質皮膜被覆工具

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 高速度鋼、超硬合金、サーメット、セラミックスの何れかを母材とし、金属成分のみの原子%で、S i が 1 0 % 以上 6 0 % 以下、B、A l、V、C r、Y、Z r、N b、M o、H f、T a、W の 1 種または 2 種以上で 1 0 % 未満、残り: T i で構成される窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物のいずれかで、S i 3 N 4 および S i が独立した相として化合物中に存在する a 層と、金属成分のみの原子%が、A l が 4 0 % を 10 越え 7 5 % 以下、B、S i、V、C r、Y、Z r、N b、M o、H f、T a、W の 1 種または 2 種以上で 1 0 % 未満、残り: T i で構成される窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物のいずれかである b 層が、それぞれ一層以上交互に被覆され、かつ前記母材表面直上には金属成分として T i を主体とする窒化物で層厚が 0 . 1 μ

2

m 以上 1 μ m 以下の c 層があり、さらに c 層直上は b 層であることを特徴とする硬質皮膜被覆工具。

【請求項 2】 請求項 1 記載の硬質皮膜を物理蒸着法により被覆したことを特徴とする硬質皮膜被覆工具。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明が属する技術分野】 本発明は、金属材料等の切削加工に使用される硬質皮膜被覆工具に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】 従来は T i N、T i C N 等を被覆した切削工具が汎用的かつ一般的であった。T i N は比較的耐酸化性に優れるため、切削時の発熱によって生じる工具のすくい面摩耗に対して、優れた耐摩耗性を示すだけでなく、母材との密着性も良好であることが特長である。

また、TiCNは、TiNに比べ高硬度であるため、工具の逃げ面摩耗に対して優れた特性を示す。しかしながら、金属加工の高効率化を目的とした切削速度の高速化傾向に対し、上記硬質皮膜では、十分な耐酸化性、耐摩耗性を示さなくなった。この様な背景から、皮膜の耐酸化性、耐摩耗性をより向上させる研究がなされ、その結果、特開昭62-56565号、特開平2-194159号に代表されるTiAlN皮膜が開発され切削工具に適用されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】TiAlN皮膜は、その皮膜中に含有するTiとAlの成分比率により異なるものの、概略2300~2800のビッカース硬さを有すだけではなく、耐酸化性が、前記TiN、TiCNに比べ優れるため、刃先が高温に達する切削条件下においては、切削工具の性能を著しく向上させる。しかしながら、近年では切削速度が更に高速化する傾向に加え、乾式での切削加工が環境問題上重要視され、切削工具の使用環境はますます苛酷なものとなってきた。

【0004】本発明者等の研究によれば、大気中におけるTiAlN皮膜の酸化開始温度は、TiNの450℃に対し、Alの添加量に依存して750~900℃に向上する。しかしながら、前述の乾式高速切削加工においては、使用する工具の刃先温度が900℃以上の高温に達するため、前記TiAlN皮膜では、十分な工具寿命が得られないのが現状である。

【0005】本発明はこうした事情に鑑みなされたものであって、従来のTiAlN皮膜に対し、更に耐酸化性、耐摩耗性を改善し、切削加工の乾式化、高速化に対応する硬質皮膜被覆工具を提供することが目的である。

【0006】

【課題を解決するための手段】発明者等は、硬質皮膜の耐酸化性、耐摩耗性および密着性に及ぼす、様々な元素の影響および皮膜の層構造について詳細な検討を行った結果、Siを適量含有したTiを主成分とする窒化物、炭窒化物、酸窒化物もしくは酸炭窒化物（以下、TiSi系窒化物等と記す）と、TiとAlを主成分とした窒化物、炭窒化物、酸窒化物もしくは酸炭窒化物（以下、TiAl系窒化物等と記す）に含まれる金属成分を特定値内に制限した皮膜を、TiSi系窒化物等の微細組織構造が、Tiを主成分とする窒化物、炭窒化物、酸窒化物もしくは酸炭窒化物中に、Si3N4およびSiが独立した相として存在するよう、それぞれ一層以上交互に被覆し、その際、金属成分としてTiを主体とする窒化物層を母材表面直上に成膜することで、乾式の高速切削加工において、切削工具の性能が極めて良好となることを見出し本発明に到達した。

【0007】すなわち本発明は、高速度鋼、超硬合金、サーメット、セラミックスの何れかを母材とし、金属成分のみの原子%で、Siが10%以上60%以下、B、

Al、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wの1種または2種以上で10%未満、残り：Tiで構成される窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物のいずれかで、Si、N、およびSiが独立した相として化合物中に存在するa層と、金属成分のみの原子%が、Alが40%を超え75%以下、B、Si、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wの1種または2種以上で10%未満、残り：Tiで構成される窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物のいずれかであるb層が、それぞれ一層以上交互に被覆され、かつ前記母材表面直上には金属成分としてTiを主体とする窒化物で層厚が0.1μm以上1μm以下のc層があり、さらにc層直上はb層であることを特徴とする硬質皮膜被覆工具であり、上記硬質皮膜は、物理蒸着法により被覆されたことが望ましい。

【0008】

【発明の実施の形態】はじめに請求項に記載のa層に関して、その構成要件について詳しく述べる。一般にTiAlN皮膜は、大気中で酸化テストを行うと、皮膜表面近傍のAlが最表面に外向拡散し、そこでアルミナ層を形成する。本発明者らの研究によれば、このことが耐酸化性向上の理由と考えられるが、この時、アルミナ層直下には、Alを含有しない非常にポーラスなTi酸化物が形成する。静的である酸化テストにおいては、最表面に形成されたアルミナ層が、酸化の進行である酸素の内向拡散に対し、酸化保護膜として機能するものの、動的な切削加工においては、最表面のアルミナ層は、その直下のポーラスなTi酸化物層より容易に剝離してしまい、酸化の進行に対し十分な効果を発揮しない。

【0009】しかしながら、TiSi系窒化物等は皮膜自体の耐酸化性が極めて高いだけでなく、最表面に酸化保護膜となるSiを含有する非常に緻密な複合酸化物層が形成され、また、その直下には酸化保護膜の剝離原因となるポーラスなTi酸化物が形成されないことを確認した。上記効果を得るには、Siが皮膜の金属成分のみの原子%で、10%以上含有していなければならず、逆に60%を超えて含有すると、皮膜の延性ないしは硬さの低下が顕著になり、切削工具としての使用に耐えられなくなる。

【0010】B、Al、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wは、TiSi系窒化物等の皮膜中において固溶強化元素として働き、皮膜の高硬度化に有効である。そのため、必要に応じB、Al、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wの1種または2種以上を微量添加することが望ましい。しかしながら皮膜の金属成分のみの原子%で10%以上添加すると、前述したSi含有による耐酸化性向上効果が得られなくなる。よって、B、Al、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wは、1種または2種以上で10%未満とする。

【0011】a 層の微細組織は、Ti を主成分とする窒化物、炭窒化物、酸窒化物もしくは酸炭窒化物中に、Si 3N4 および Si が独立した相として存在する構造にすることで高硬度化が達成でき、著しく耐摩耗性に優れた皮膜が得られる。この様な構造を持つ皮膜、つまり本発明 a 層を形成するには、アーク放電方式イオンプレーティングや、スパッタリングといった物理蒸着法の違いや、同様の手法であっても成膜装置の基本的な仕様によって、その絶対値は異なるものの、被覆の際、基体に印加するバイアス電圧を -10 ~ -100 V とした比較的低い値にすることで達成できる。

【0012】次に請求項に記載の b 層に関して、その構成要件について詳しく述べる。TiAl 系窒化物等の皮膜である b 層における Al の役割は、皮膜の耐摩耗性および耐酸化性を向上させることである。皮膜の耐摩耗性および耐酸化性は、皮膜中の Al 含有量の増加に伴って向上する。しかしながら、75% を越えて含有すると、皮膜の硬さが低下し、工具として必要な耐摩耗性が得られなくなる。そのため、耐摩耗性、耐酸化性をバランス良く得るためには、b 層中の Al 含有量を、皮膜の金属成分のみの原子%で、40% 越え 75% 以下に調整することが重要である。

【0013】B、Si、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W は、TiAl 系窒化物等の皮膜中において固溶強化元素として働き、皮膜の高硬度化に有効である。そのため、必要に応じて B、Si、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W の 1 種または 2 種以上を微量添加することが望ましい。しかしながら皮膜の金属成分のみの原子%で 10% 以上添加すると、皮膜の靱性が極端に低下する。そのため、耐摩耗性、耐酸化性、靱性をバランス良く得るためには、B、Si、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W は 1 種または 2 種以上で 10% 未満とする。

【0014】上記 a 層および b 層は、いずれも母材との密着性においては十分でない。そのため、母材表面直上には、b 層および母材との密着性に優れ、適度に耐摩耗性、耐酸化性等を有す金属成分として Ti を主体とする窒化物の c 層が必要である。c 層は a 層および b 層に比べ硬さの低い TiN であることが望ましいが、TiN に周期律表 IVa 族、Va 族、VIa 族金属および Al、Si、Y、Co 等を微量に含有する場合、具体的には金属成分のみの原子%で 10at% 未満の含有量においても同様の効果が得られる。

【0015】c 層の層厚は 0.1 μm 以上 1 μm 以下に限定される。c 層の層厚が厚いほど密着性の向上は顕著になる。しかしながら、一般に切削中においては、刃先部の皮膜は斜め断面の形態で摩耗するため、a 層および b 層に比べ耐酸化性の低い c 層より優先的に酸化が進行する。そのため c 層の層厚が厚い場合、つまり切削中の摩耗による c 層の露出面積が大きい場合は、c 層の優先

酸化が顕著となり、切削工具の性能は著しく向上しない。また、極端に c 層の層厚が薄い場合は、密着性向上効果が顕著に表れない。以上のような理由から c 層の層厚を 0.1 μm 以上 1 μm 以下とする。望ましくは 0.2 μm 以上 0.4 μm 以下である。

【0016】以上のように本発明においては、母材との密着性に優れる c 層を母材表面直上に被覆し、その上に皮膜自体の耐摩耗性および耐酸化性をバランス良く有す b 層と、著しく耐酸化性、耐摩耗性に優れる a 層を被覆することが極めて重要であり、その結果、乾式の高速切削に対応する切削工具を得ることが可能となる。また、母材表面直上に c 層を被覆し、その上に b 層を被覆した後、a 層ならびに b 層をそれぞれ交互に積層した多層皮膜によっても同様の効果が得られる。

【0017】また、a 層および b 層の各層は必要に応じて窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物のいずれかに調整でき、それらを被覆した工具についても同様の効果が得られる。

【0018】本発明の硬質皮膜被覆工具は、その被覆方法については、特に限定されるものではないが、被覆母材への熱影響、工具の疲労強度、皮膜の密着性等を考慮した場合、比較的低温で被覆でき、被覆した皮膜に圧縮応力が残留するアーク放電方式イオンプレーティング、もしくはスパッタリング等の被覆母材側にバイアス電圧を印加する物理蒸着法であることが望ましい。以下、本発明を実施例に基づいて説明する。

【0019】

【実施例】小型アークイオンプレーティング装置を用い、金属成分の蒸発源である各種合金製ターゲット、ならびに反応ガスである N<sub>2</sub> ガス、CH<sub>4</sub> ガス、Ar/O<sub>2</sub> 混合ガスから目的の皮膜が得られるものを選択し、被覆基体温度 400℃、反応ガス圧力 3.0 Pa の条件下にて、被覆基体である超硬合金製 6 枚刃エンドミル（外径 8 mm）および超硬合金製ドリル（外径 8 mm）に、全皮膜の厚みが 4 μm となるように成膜を行った。なお、本発明例の全てと、比較例 51、52、53、54、55、56、57、58 については、-30 V のバイアス電圧を印加し成膜したが、比較例 59 については、-200 V のバイアス電圧を印加し成膜した。また、本発明例ならびに比較例の c 層および従来例については、全て -150 V のバイアス電圧を印加し成膜した。本発明例および比較例の a 層および b 層の厚みについては、基本的にほぼ 1 : 1 であるが、表中の総積層数が 2 層のものについては、a 層を約 0.5 μm としたため、b 層は全皮膜の厚みより a 層、c 層（表中記載）を差し引いた層厚である。

【0020】得られた硬質皮膜被覆エンドミルおよびドリルを用い、次に示す乾式の高速切削条件にて、刃先の欠けないしは摩耗等により工具が切削不能となるまで加工を行い、その時の切削長を工具寿命とした。表 1 に本

発明例、表 2 に比較例、表 3 に従来例の硬質皮膜に関する詳細およびそれらの切削結果を示す。a 層中の  $\text{Si}_3\text{N}_4$  ならびに  $\text{Si}$  の有無については XPS にて確認を行い、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  ならびに (もしくは)  $\text{Si}$  の存在が認められた皮膜については表中に記した。

【0021】エンドミル切削条件は、工具として超硬合金製 6 枚刃エンドミル、外径 8 mm を用いて、側面切削をダウンカットで、被削材は SKD 11 (HRC 60)、切り込み量  $A_d = 1.2 \text{ mm}$ 、 $R_d = 0.2 \text{ mm}$ 、切削速度  $= 200 \text{ m/min}$ 、送り量  $0.03 \text{ mm/t}$  10  $\text{o o t h}$ 、切削油 = なし、但し、エアブローを使用で

行った。

【0022】次に、ドリルの切削条件は、工具として超硬合金製ドリル、外径 8 mm を用いて、被削材 SCM 440 (HRC 30) の穴加工を、切削速度  $= 90 \text{ m/min}$ 、送り量  $= 0.2 \text{ mm/rev}$ 、切削油 = なし、但し、エアブローを使用し、穴深さ 24 mm の止まり穴の加工で行った。また、加工穴数は最高 2000 穴で終わりとした。

【0023】

【表 1】

|                  |    | a 層   |                                     | b 層   | 総積層数<br>a層 + b層 | c層<br>(TiN)<br>厚み<br>μ m | 工具寿命      |      |
|------------------|----|---|-------------------------------------|---|-----------------|--------------------------|-----------|------|
|                  |    | 組成  | XPS<br>定性物質                         | 組成  |                 | エンド<br>ミル<br>mm          | ドリル<br>穴数 |      |
| 本<br>発<br>明<br>例 | 1  | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Nb <sub>0</sub> )N                 | 20              | 0.12                     | 35.25     | 2000 |
|                  | 2  | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> Nb <sub>0</sub> )N                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Zr <sub>0</sub> Y <sub>0</sub> )N  | 20              | 0.21                     | 36.50     | 2000 |
|                  | 3  | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )CN                                | 10              | 0.40                     | 36.00     | 2000 |
|                  | 4  | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Mo <sub>0</sub> W <sub>0</sub> )N  | 4               | 0.46                     | 36.00     | 2000 |
|                  | 5  | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> Zr <sub>0</sub> Y <sub>0</sub> )N  | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 2               | 0.32                     | 36.50     | 2000 |
|                  | 6  | (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> Al <sub>0</sub> )CN                | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 10              | 0.11                     | 36.00     | 2000 |
|                  | 7  | (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> B <sub>0</sub> )N                  | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 2               | 0.40                     | 36.25     | 2000 |
|                  | 8  | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )ON                                | 12              | 0.15                     | 35.25     | 2000 |
|                  | 9  | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Si <sub>0</sub> )CN                | 6               | 0.52                     | 36.25     | 2000 |
|                  | 10 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 2               | 0.24                     | 36.00     | 2000 |
|                  | 11 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )ON                                | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 4               | 0.15                     | 36.00     | 2000 |
|                  | 12 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 20              | 0.24                     | 35.75     | 2000 |
|                  | 13 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )CON                               | 30              | 0.13                     | 35.75     | 2000 |
|                  | 14 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> Al <sub>0</sub> )N                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 10              | 0.35                     | 36.00     | 2000 |
|                  | 15 | (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> V <sub>0</sub> Ta <sub>0</sub> )N  | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 2               | 0.42                     | 36.25     | 2000 |
|                  | 16 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Zr <sub>0</sub> Y <sub>0</sub> )N  | 2               | 0.25                     | 36.00     | 2000 |
|                  | 17 | (Ti <sub>40</sub> Si <sub>60</sub> B <sub>0</sub> )N                  | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )CN                                | 4               | 0.35                     | 36.25     | 2000 |
|                  | 18 | (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Zr <sub>0</sub> Y <sub>0</sub> )N  | 10              | 0.36                     | 36.00     | 2000 |
|                  | 19 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Si <sub>0</sub> )N                 | 8               | 0.25                     | 35.75     | 2000 |
|                  | 20 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> B <sub>0</sub> )N                  | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 2               | 0.22                     | 36.25     | 2000 |
|                  | 21 | (Ti <sub>40</sub> Si <sub>60</sub> B <sub>0</sub> )N                  | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 4               | 0.15                     | 35.75     | 2000 |
|                  | 22 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )CN                                | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Zr <sub>0</sub> Y <sub>0</sub> )N  | 2               | 0.43                     | 36.00     | 2000 |
|                  | 23 | (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> Al <sub>0</sub> )N                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 6               | 0.33                     | 36.00     | 2000 |
|                  | 24 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 20              | 0.15                     | 35.00     | 2000 |
|                  | 25 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Si <sub>0</sub> )N                 | 6               | 0.43                     | 35.75     | 2000 |
|                  | 26 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )CON                               | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 14              | 0.22                     | 36.25     | 2000 |
|                  | 27 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Hf <sub>0</sub> Cr <sub>0</sub> )N | 10              | 0.31                     | 36.25     | 2000 |
|                  | 28 | (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> V <sub>0</sub> Ta <sub>0</sub> )N  | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 4               | 0.13                     | 34.75     | 2000 |
|                  | 29 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 2               | 0.24                     | 35.75     | 2000 |
|                  | 30 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> B <sub>0</sub> )N                  | 2               | 0.24                     | 36.00     | 2000 |
|                  | 31 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 40              | 0.22                     | 35.25     | 2000 |
|                  | 32 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 2               | 0.22                     | 35.50     | 2000 |
|                  | 33 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Hf <sub>0</sub> Cr <sub>0</sub> )N | 6               | 0.32                     | 35.75     | 2000 |
|                  | 34 | (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> B <sub>0</sub> )N                  | 4               | 0.15                     | 36.00     | 2000 |
|                  | 35 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> V <sub>0</sub> Ta <sub>0</sub> )N  | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 8               | 0.20                     | 36.50     | 2000 |
|                  | 36 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 4               | 0.33                     | 35.25     | 2000 |
|                  | 37 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )CON                               | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )CN                                | 2               | 0.21                     | 35.75     | 2000 |
|                  | 38 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> Hf <sub>0</sub> Cr <sub>0</sub> )N | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 20              | 0.20                     | 36.25     | 2000 |
|                  | 39 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> Mo <sub>0</sub> W <sub>0</sub> )N  | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 6               | 0.41                     | 36.25     | 2000 |
|                  | 40 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 20              | 0.11                     | 35.00     | 2000 |
|                  | 41 | (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> V <sub>0</sub> Ta <sub>0</sub> )N  | 4               | 0.25                     | 36.00     | 2000 |
|                  | 42 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> Al <sub>0</sub> )N                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Hf <sub>0</sub> Cr <sub>0</sub> )N | 8               | 0.40                     | 36.25     | 2000 |
|                  | 43 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 4               | 0.29                     | 35.50     | 2000 |
|                  | 44 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )CN                                | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )CN                                | 4               | 0.29                     | 35.75     | 2000 |
|                  | 45 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> Al <sub>0</sub> )N                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 4               | 0.25                     | 36.50     | 2000 |
|                  | 46 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Zr <sub>0</sub> Y <sub>0</sub> )N  | 12              | 0.12                     | 36.00     | 2000 |
|                  | 47 | (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 2               | 0.33                     | 35.50     | 2000 |
|                  | 48 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                 | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 4               | 0.14                     | 36.50     | 2000 |
|                  | 49 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )CN                                | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N                                 | 2               | 0.32                     | 35.50     | 2000 |

【 0 0 2 4 】

【表 2】

|             |    | a 層  |                                     | b 層   | 総積層数<br>a 層 + b 層 | c 層 (TiN)           | 工具寿命           |           |
|-------------|----|--|-------------------------------------|---|-------------------|---------------------|----------------|-----------|
|             |    | 組成   | XPS<br>定性物質                         | 組成  |                   | 厚み<br>$\mu\text{m}$ | エンド<br>ミル<br>m | ドリル<br>穴数 |
| 比<br>較<br>例 | 50 | (Ti <sub>75</sub> Si <sub>25</sub> )N                                  | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>37</sub> Al <sub>63</sub> )N                                 | 2                 | 1.75                | 22.25          | 1468      |
|             | 51 | (Ti <sub>64</sub> Al <sub>36</sub> )N                                  | —                                   | (Ti <sub>75</sub> Si <sub>25</sub> )N                                 | 2                 | —                   | 3.25           | 57        |
|             | 52 | (Ti <sub>32</sub> Si <sub>68</sub> )N                                  | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>62</sub> Al <sub>38</sub> )N                                 | 3                 | 0.32                | 16.50          | 1018      |
|             | 53 | (Ti <sub>92</sub> Si <sub>8</sub> Nb <sub>2</sub> )N                   | Si                                  | (Ti <sub>62</sub> Al <sub>38</sub> )N                                 | 6                 | 0.22                | 8.25           | 954       |
|             | 54 | (Ti <sub>78</sub> Si <sub>22</sub> )N                                  | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>61</sub> Al <sub>39</sub> )N                                 | 2                 | 0.24                | 11.00          | 1201      |
|             | 55 | (Ti <sub>87</sub> Si <sub>13</sub> )N                                  | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>41</sub> Al <sub>59</sub> Zr <sub>2</sub> Y <sub>10</sub> )N | 2                 | 0.25                | 18.50          | 1105      |
|             | 56 | (Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N                                  | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>20</sub> Al <sub>80</sub> )N                                 | 2                 | 0.30                | 4.75           | 1088      |
|             | 57 | (Ti <sub>71</sub> Si <sub>12</sub> VS <sub>17</sub> Ta <sub>9</sub> )N | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si | (Ti <sub>28</sub> Al <sub>72</sub> )N                                 | 40                | 0.19                | 20.25          | 1132      |
|             | 58 | (Ti <sub>98</sub> Si <sub>2</sub> )N                                   | Si                                  | (Ti <sub>64</sub> Al <sub>36</sub> )N                                 | 4                 | 0.25                | 19.75          | 1337      |

【 0 0 2 5 】

【表 3】

|             |    | 皮膜構造および組成  | 工具寿命         |             |
|-------------|----|--|--------------|-------------|
|             |    |  | エンドミル<br>(m) | ドリル<br>(穴数) |
| 従<br>来<br>例 | 59 | (Ti <sub>55</sub> Al <sub>45</sub> )N 単一皮膜                         | 10.25        | 952         |
|             | 60 | TiN 最下層 1.44 $\mu\text{m}$ + (Ti <sub>55</sub> Al <sub>45</sub> )N | 10.25        | 931         |
|             | 61 | (Ti <sub>55</sub> Al <sub>45</sub> )N 単一皮膜                         | 10.50        | 974         |
|             | 62 | TiN 最下層 1.12 $\mu\text{m}$ + (Ti <sub>55</sub> Al <sub>45</sub> )N | 9.75         | 940         |
|             | 63 | TiN 単一皮膜   | 1.25         | 52          |

【 0 0 2 6 】 表 1、表 2 および表 3 より、本発明例は、比較例ならびに従来例と比べて、工具寿命が著しく向上しており、乾式高速切削加工に十分対応することがわかる。比較例 5 0 は、皮膜の組成、層構造および a 層の組織構造ともに本発明例に含まれるものであるため、比較例の中では最も工具性能は優れるが、c 層の層厚が厚すぎるために本発明例に比べて工具寿命が劣る結果となった。また、比較例 5 1 は、皮膜の組成については本発明に含まれるものであるが、皮膜の層構造が異なるため、エンドミルおよびドリル、両工具の切削において、皮膜の剝離が早期に生じ、非常に短寿命となった。比較例 5

8 は、皮膜の組成、層構造については本発明に含まれるものであるが、a 層には、S i 相のみしか存在していないため、十分な皮膜硬さが得られず本発明例に比べ短寿命となった。

【 0 0 2 7 】

【発明の効果】以上の如く、本発明の硬質皮膜被覆工具は、従来の被覆工具に比べ優れた耐酸化性、耐摩耗性を有することから、乾式高速切削加工において格段に長い工具寿命が得られ、切削加工における生産性の向上だけでなく環境問題への対応にも極めて有効である。